Aus der konservierenden Abteilung (Vorstand: Prof. Dr. J. Münch)
des zahnärztlichen Instituts der Universität Würzburg
(Vorstand: Prof. Dr. P. Wustrow).

Histologische Untersuchungen über die Praemolaren u. Molaren von Hippopotamus amphibius.

Inaugural-Dissertation

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät der

Bayer. Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg

zur

Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde

vorgelegt von

Albert Taut

Zahnarzt aus Ansbach

Würzburg 1932.

Buchdruckerei Richard Mayr

Referent:

Professor Dr. Josef Münch.

Meinen Eltern gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153309_0061

Bevor ich mit der Beschreibung der normalen Histologie der harten Zahnsubstanzen des Flußpferdes beginne, will ich zunächst einen Ueberblick über die Anatomie des Flußpferdgebisses vorausschicken.

Die Anatomie des Flußpferdgebisses.

Das Flußpferd, Hippopotamus, gehört zu der Ordnung der Paarzeher in die Familie der Säugetiere. Heute finden wir nur mehr eine einzige Art der Gattung Hippopotamus lebend vor, nämlich das Nilpferd, Hippopotamus amphibius, dessen Zähne für diese Arbeit verwendet wurden. Das Tier besitzt eine diphyodonte Bezahnung.

Die Zahnformel für die permanenten Zähne lautet:

$$J\frac{2}{2} \quad C\frac{1}{1} \quad P\frac{4}{4} \quad M\frac{3}{3}$$

Die Zahnformel des Milchzahngebisses ist:

$$J\frac{2}{2} \quad C\frac{1}{1} \quad M\frac{3}{3}$$

Da meine mikroskopischen Untersuchungen an den Praemolaren und Molaren stattfanden, die Frontzähne dagegen von anderer Seite bearbeitet wurden, so erübrigt sich auch eine genaue makroskopische Beschreibung der letzteren. Es sei nur erwähnt, daß wir im Ober- und Unterkiefer zwei lange, spitz zulaufende mittlere Schneidezähne und zwei kürzere, etwas schräg nach distal stehende seitliche Schneidezähne finden. Die Eckzähne sind sehr stark entwickelt und halbkreisförmig gebogen. Was die Zahnstellung anbetrifft, so stecken die unteren Incisivi in horizontaler Richtung im Kiefer, während die oberen Incisivi mehr senkrecht stehen.

Nun zur genauen Beschreibung der uns hier vor allem interessierenden Praemolaren und Molaren.

Wie die Zahnformel besagt, finden sich sowohl im Ober- als auch im Unterkiefer auf jeder Seite je vier Praemolaren und drei Molaren. Betrachten wir diese nun der Reihe nach.

Der erste Praemolar hat eine Gesamtlänge von ungefähr 7—8 cm, eine Kronenlänge von etwa 3,5—4 cm. Der Form nach hat er Aehnlichkeit mit einem menschlichen Eckzahn, da die Krone in einer kegelförmigen Spitze ausläuft und also mehr eine Kaukante wie eine Kaufläche aufweist. Das charakteristische Merkmal des Zahnes, das

sich übrigens später auch an den Molaren findet, ist der starke, vorspringende Schmelzwulst am Zahnhals, der rings um den Zahn verläuft und deutlich Kronenteil von der Wurzel abgrenzt. Dieser Schmelzring erhebt sich als ein 4—6 mm dicker Wulst über die Seitenflächen des Zahnes und umzieht in einer bogenförmigen Linie die Krone als ein 7—10 mm breites Band. Die untere, d.h. die der Wurzelspitze zugekehrte Kante dieses Bandes flacht sich ab und geht in die Wurzelfläche über. Die obere Kante des Schmelzwulstes dagegen ist sehr scharf gezackt und zeigt zuweilen Höckerchen und Spitzen, die an Schmelzperlen erinnern. Der Uebergang von Wulst zur Kronenseitenfläche ist nicht flach, sondern erfolgt in Form einer rechtwinkligen, manchmal spitzwinkligen Stufe.

Der erste Praemolar ist einwurzelig; der Querschnitt durch die Wurzel zeigt die Form einer flachgedrückten Ellipse. Die Wurzel zeigt eine leichte Krümmung nach distal und hat an ihrer Spitze ein sehr weites Foramen.

Der zweite Praemolar weist ungefähr die gleichen Größenverhältnisse auf wie der erste, nur ist er im Gegensatz zu diesem zweiwurzelig. Die beiden Wurzeln stecken in mesodistaler Richtung im Kiefer. Was die Form der Krone anbetrifft, so ist diese wieder ein spitz zulaufender Kegel, der allerdings schon einen Uebergang in eine vierseitige Pyramide erkennen läßt, da dieser Zahn, in Höhe des Schmelzwulstes durchschnitten, keinen elliptischen, sondern einen rhombischen Querschnitt zeigt. Infolgedessen ist die auf dieser rhombischen Grundfläche errichtete Krone kein Kegel mehr, sondern eine Pyramide.

Noch deutlicher wird die Pyramidenform der Krone bei dem dritten und vierten Praemolaren. Diese sind in der Gesamtlänge etwas kürzer, dafür aber breiter und massiger. Sie sind ebenfalls zweiwurzelig, wobei die mesiale Wurzel die kleinere ist und runden Querschnitt hat, die distale dagegen sehr viel dicker und breiter ist. Quergeschnitten zeigt sie einen großen, breitgedrückten Wurzelkanal, der in der Mitte eine kleine Verschmälerung aufweist, also ähnliche Erscheinungen, wie wir sie bei der Verschmelzung von zwei Wurzelkanälen zu einem haben.

Der Schmelzwulst am Zahnhals ist hier noch viel stärker als bei dem ersten Praemolaren; er erreicht eine Breite von 10—12 mm und ist gegen die Kaufläche zu scharf gezackt. Von diesem Wulst aus ziehen in der Richtung der Kronenspitze 2—3 mm hohe Kämme aus Schmelz. Diese strahlenförmig auf die Spitze zulaufenden Schmelzleisten sind besonders am vierten Praemolaren sehr zahlreich zu finden. Sie zeigen ganz weiße Farbe zum Unterschied von der übrigen gelblichen Färbung des Zahnes.

Nun zu den Molaren. Die drei Molaren haben in der Hauptsache die gleiche Größe und Form. Sie unterscheiden sich nur durch

den Grad der Abnützung, die beim ersten Molaren sehr stark, beim zweiten geringer, beim letzten nur sehr schwach ist. Durch diesen Umstand erhalten die Zahnkronen natürlich wesentlich verschiedenes Aussehen.

Am verständlichsten ist es, man stellt sich zuerst einen normalen, nicht abgekauten, also den dritten Molaren vor. Denkt man sich dann die Krone in verschiedenen Höhen quer durchgeschnitten, so ergibt sich aus der horizontalen Schnittfläche die Kronfläche eines abgekauten ersten oder zweiten Molaren.

Daher soll zuerst der normale dritte Molar beschrieben werden. Er hat von den Höckerspitzen der Krone bis zum Wurzelende eine Länge von 9—11 cm, seine Krone einen bucco-lingualen Durchmesser von 4—5 cm und einen mesio-distalen Durchmesser von 5—7 cm, wobei die größeren Zahlen für den Oberkiefer, die kleineren für den Unterkiefer gelten.

Die Form der Molaren, die übrigens alle vierwurzelig sind, ergibt sich, wenn man sich zwei Praemolaren mit ihrer breiten Seite aneinandergelegt denkt. Ein Molar besteht also aus zwei symmetrischen Hälften, wobei die Symmetrieebene durch die Hauptfissur der Krone in bucco-lingualer Richtung verläuft.

Die Kaufläche der Krone ist sehr kompliziert gestaltet. Etwas schematisiert ist die Kaufläche ein Rechteck; dieses wird durch eine Längs- und eine Querfissur, wie durch ein Achsenkreuz, in vier kleinere Rechtecke zerteilt. Dadurch entstehen vier große Haupthöcker. Etwas kleiner und niedriger sind dann zwei Höcker, die mesial und distal an den Approximalflächen liegen und den Kontakt mit dem Nachbarzahn bilden.

Um die ganze Zahnkrone herum verläuft am Zahnhals wieder der charakteristische Schmelzwulst, der wiederum kleine Höckerchen und Spitzen besitzt, sodaß die Krone ein sehr variiertes Aussehen haben kann.

An die Krone schließen sich vier kräftige Wurzeln an, die alle etwas nach distal gebogen sind. Die beiden mesialen Wurzeln laufen parallel, dann kommt ein größerer Zwischenraum, die Brücke, und dann die ein wenig gespreizt verlaufenden beiden distalen Wurzeln.

Dies ist das Aussehen des nicht abgekauten Molaren, z. B. des dritten Molaren.

Die Form des zweiten Molaren erhält man, wenn man sich die normale Krone 1—1,5 cm abgekaut denkt. Dann fallen die Höckerspitzen weg, und dafür ergeben sich, wenn man die Kaufläche von oben betrachtet, anstelle der vier Spitzen vier Stümpfe mit kleeblattförmigem Querschnitt. Um jeden dieser Höckerstümpfe verläuft als weiße Kante die Schmelzschicht, während das Innere gelbliches Dentin zeigt.

Ist die Abnützung noch weiter vorgeschritten, sodaß eine 2—3 cm dicke Schicht der Krone verloren gegangen ist, so ergibt sich die Form des ersten Molaren. Hier ist die Kaufläche ein Querschnitt durch den untersten Teil der Krone. Daher sind die Felder, die vorher noch die einzelstehenden Höcker erkennen ließen, ineinander übergegangen, sodaß die Kaufläche eine einheitliche Dentinfläche ist, die am Rande arkadenförmig von der weißen Schmelzschicht umgrenzt wird. Kleine Einbuchtungen und Rillen sind bisweilen noch auf der Kaufläche, da manche Fissuren bis unter die Abnützungsebene reichen.

Was die Größenverhältnisse anbelangt, so steigen sie vom ersten Molaren ab immer etwas an. Im allgemeinen kann man sagen, daß überhaupt die Praemolaren und Molaren des Oberkiefers größer sind als die des Unterkiefers.

Mit der Beschreibung der Molaren habe ich die makroskopische Betrachtung der Zähne beendet. Es ist wohl schwierig, durch die Schilderung allein, ein Bild der Zahnreihen zu geben, aber ich hoffe doch, daß die etwas schematisierende und von geometrischen Formen ausgehende Art meiner Beschreibung bei räumlichem Vorstellungsvermögen ein ungefähres Bild entstehen läßt.

Technik.

Um die genaue histologische Struktur der harten Zahnsubstanzen von Hippopotamus amphibius mikroskopisch zu untersuchen, fertigte ich Längs- und Querschliffe an. Die Zähne, die mir in liebenswürdigster Weise von Herrn Prof. Dr. J. Münch überlassen wurden, stammen aus der Schädelsammlung des zahnärztlichen Universitäts-Instituts in Würzburg. Die Schliffmethode wurde nach den Angaben K r u k e n b e r g s folgendermaßen ausgeführt: Die Zähne wurden zunächst mit einer harten Stahlsäge in 5—6 mm starke Scheiben geschnitten. Diese Scheiben wurden auf einem horizontal laufenden Schleifstein, der von einem Elektromotor in Rotation versetzt wurde, auf beiden Seiten abwechselnd beschliffen, bis sie ungefähr ½—¾ mm stark waren. Dabei mußten sie dauernd mit einem Schwamm feucht gehalten werden. Dann mußte man, wenn man die Präparate nicht durch den Druck oder die grobe Oberfläche des Schleifsteins zerbrechen wollte, auf eine feinere Schleifart übergehen. Deshalb wurden sie jetzt vorsichtig auf feuchten Arkansassteinen von immer feinerer Körnung geschliffen, bis sie die zur mikroskopischen Untersuchung nötige Feinheit und Gleichmäßigkeit erreicht hatten. Dann wurden sie in Wasser von den Schleifrückständen gereinigt, in Alkohol nachgewaschen, getrocknet und auf entsprechend großen Objektträgern in dickflüssigem, erhitzten Kanadabalsam eingebettet.

Die Histologie der Hartsubstanzen.

Folgende Einzelheiten können wir bei der histologischen Untersuchung bemerken: Die Zähne des Hippopotamus bestehen wie die des Menschen aus Schmelz, aus Dentin, das die Pulpa umschließt, und aus Zement.

Bei der Betrachtung unter dem Mikroskop zeigt ein Zahnschliff eine Reihe von Besonderheiten, wie z. B. eigenartige Färbungen an gewissen Stellen, verschiedenartigste Strukturbilder und dergl. mehr, die einer eingehenden Erklärung unterzogen werden sollen. Aus diesem Grunde will ich bei der Besprechung der einzelnen Zahnsubstanzen jeweils zuerst auf die normale Histologie, wie wir sie bei menschlichen Zähnen finden, eingehen.

Der Schmelz.

Der Zahnschmelz ist das härteste Gewebe des Organismus; seine Härte entspricht ungefähr der des Quarzes, also nach der Moßschen Skala dem Härtegrad 7. Er enthät nur 4—5% organische Substanz. Den Hauptteil seiner anorganischen Salze bildet der phosphorsaure Kalk. Der Rest ist meist kohlensaurer Kalk, geringe Mengen Fluorkalzium, phosphorsaures Magnesium und andere Salze.

An der Oberfläche des Schmelzes findet sich das Schmelzoberhäutchen. Es ist nur wenige mü dick und nur schwach verkalkt. Man kann es am besten sehen, wenn man einen Zahn in verdünnte Säure legt, da es sich dann von dem Schmelz ablöst. Seiner Entwicklung nach besteht es, nach Gottlieb, aus zwei Teilen, von denen der eine von den Ameloblasten herstammt, der andere von den Zellen des äußeren Schmelzepithels. Später vereinigen sich die beiden Teile zu einer untrennbaren Schicht.

Der Schmelz selbst besteht aus einzelnen Prismen von polygonalem Querschnitt. Ihre Verlaufsrichtung, von der Peripherie zur Dentingrenze, ist meist senkrecht zur Dentinoberfläche, doch sind die Prismen nicht ganz gerade, sondern leicht geschwungen. Der Durchmesser eines Schmelzprismas ist 3—5 mü und zeigt nur auf sehr guten Querschnitten die Form eines Sechsecks. Nach Walkhoff „erfahren bei kompliziert gebauten Zähnen, wie den Molaren, die in der Entwicklung begriffenen Schmelzprismen in Rücksicht auf die herzustellende Zahnform Seitendrucke, die die Spitzen des Polygons zwischen die beiden benachbarten Säulen pressen, sodaß flügelförmige, längere Fortsätze entstehen, die besonders aber auf Schiefschnitten sich eine ziemliche Strecke weit erstrecken können".

Ueber die Frage, ob sich zwischen den einzelnen Prismen eine Kittsubstanz oder interprismatische Substanz findet, herrscht noch keine völlige Einstimmigkeit, obwohl die vorherrschende Ansicht für das Vorhandensein spricht. (Münch, W. Meyer, Smerker, v. Ebner). Walkhoff dagegen ist der Meinung, daß eine bedeutungsvolle Kittsubstanz zwischen den Schmelsprismen nicht existiert, sondern daß im fertigen Prisma zwei Schichten vorhanden sind, von denen die periphere Schicht viel weniger Kalksalze, dafür aber um so mehr organische Substanz enthält als der zentrale Körper des Prismas.

Im Schmelz sehen wir weiterhin die Retzius'schen Streifen, die, im Längsschnitt, im Kauflächenschmelz in spitzem Winkel zur Dentinoberfläche verlaufen. Das Zustandekommen dieser Streifen des Retzius wird verschieden erklärt: Walkhoff nimmt an, daß es der Ausdruck einer rhythmischen Verkalkung ist, wobei eine Periode mangelhafter Ablagerung der Kalksalze mit einer Periode normaler, gut verkalkter Schmelzbildung abwechselt. Dieser Ansicht sind auch, mehr oder weniger, Retzius, Hannover und Koelliker, während v. Ebner die Entstehung auf das Eindringen von Luft in die Prismen zurückführt. Keinesfalls aber ist die Ursache der Braunfärbung die Einlagerung von Pigment, wie Czermak, Wedel und Herz annahmen.

Czermak beobachtete als erster, daß die von Leeuwenhoek entdeckten Schmelzwülstchen mit den Retzius'schen Streifen im Zusammenhang stehen, was von Preiswerk und v. Ebner bestätigt wurde. Preiswerk nennt die feinen Retziusstreifen „Konturscheiden", die stärkeren „Konturbänder" und die Schmelzwülstchen „Perikymatien". Walkhoff bringt Retziusstreifen und Schmelzwülstchen dadurch in Verbindung, daß er erklärt, die ungenügende Verkalkung und die mangelhafte Bildung organischer Substanz könne auch Formveränderungen der Schmelzoberfläche herbeiführen. Nun sei die Bildung der Schmelzwülstchen (Perikymatien Preiswerks) leicht zu verstehen. Zu jedem Streifen des Retzius gehöre ein Schmelzwülstchen.

Weiterhin sieht man bei der Betrachtung von Längsschliffen noch eine andere gröbere Querstreifung des Schmelzes. Es sind die nach ihrem Entdecker benannten Schreger'schen Faserstreifen. Koelliker und v. Ebner erklären sie durch Kreuzungen von Prismengürteln. v. Ebner schreibt darüber: „Sie treten nur dann deutlich hervor, wenn ihre Richtung mit der Reflektionsebene des Lichtes annähernd zusammenfällt. Unter diesen Umständen werfen die einen Streifen das Licht sehr stark zurück und erscheinen hell, während die anderen das Licht garnicht zurückwerfen, daher dunkel erscheinen." Walkhoff nimmt als Entstehungsursache nicht nur Kreuzungen, sondern auch Knickungen von Prismenbündeln an.

Preiswerk nannte die Schreger'schen Streifen Zonien und zwar unterschied er die längsgetroffenen Partien der Prismen, die Parazonien von quergetroffenen Stellen, den Diazonien.

Den Uebergang von Schmelz zum Dentin bildet die Schmelzdentingrenze, deren mikroskopisches Bild insofern sehr interessant ist ,als man daraus eventuelle Rückschlüsse auf vitale Vorgänge im Schmelz machen kann. Diese Frage ist bis heute noch nicht endgültig entschieden, obwohl es zweifellos organische Verbindungen zwischen Dentin und Schmelz gibt. Münch konnte in einer Reihe von Zahnschliffen Dentinfortsätze oder Schmelzkanäle im mittleren Teil des Zahnschmelzes und auch weit darüber hinaus nachweisen. Weiterhin finden sich an der Schmelzdentingrenze die sog. Schmelzlamellen, die ebenfalls einen organischen Bestandteil des Schmelzes bilden. Nach Münch dürften für die Entstehung dieser Gebilde entwicklungsgeschichtliche Zusammenhänge maßgebend sein. Diese werden von den einzelnen Autoren verschieden aufgefaßt. Walkhoff, Baumgartner halten die Lamellen für unverkalkte Partien einzelner oder mehrerer Schmelzprismen, während Gottlieb und v. Ebner an schlechtverkalkte interprismatische Substanz denken. Letzterer Meinung ist auch W. Meyer.

Soviel über die normale Histologie des Schmelzes. Bei der Untersuchung der Schliffe ergibt sich in Bezug auf den Schmelz:

Die Praemolaren- und Molarenkronen des Hippopotamus sind von einer Zementschicht überzogen, die fast ¾ des Schmelzes überdeckt. Nur die Höckerspitzen und die Kauflächen sind frei von diesem Zement, über den hier jetzt nicht weiter berichtet werden soll, da er in einem späteren Kapitel besprochen wird.

Der Schmelz nimmt an Ausdehnung vom Zahnhals nach der Krone hin immer mehr zu. Sein Durchschnitt beträgt etwa 2—5 mm. Die größte Breite erreicht er an dem seitlichen Schmelzwulst knapp über dem Zahnhals. Die äußere Kante des Schmelzes ist keine gerade Linie, sondern verläuft in kleinen Bogen und Einbuchtungen. Dieses Strukturbild erinnert optisch an einen Querschnitt durch die Papillarkörper der menschlichen Haut.

An den Präparaten lassen sich drei Schichten des Schmelzes erkennen, die auch Preiswerk unterscheidet. Die innere Schicht oder Basalschicht wird auf der einen Seite begrenzt durch die Schmelzdentingrenze, die in gerader Linie verläuft und deutlich zu erkennen ist. Der Schmelz ist in dieser Schicht hell und ohne besondere Streifung. Der Verlauf der Schmelzprismen, senkrecht zur Dentinoberfläche, ist gut zu sehen. Die angrenzende mittlere Schmelzschicht ist die breiteste. Sie hat ein gesprengeltes Aussehen innerhalb ihrer gelblichweißen Farbe. Die dritte oder Superficialschicht mit ihren Bögen und Buchten weist sehr schön die Retzius'-

schen Streifen auf. Diese verlaufen parallel oder leicht winklig zur Dentinoberfläche und machen in ihrem Verlauf alle Kurven der Schmelzwülste mit.

Außerdem finden sich beim vorliegenden Hippopotamus an vereinzelten Stellen des Schmelzes die Schregerschen Streifen. Sie verlaufen senkrecht zur Dentingrenze als abwechselnd dunkle und helle Streifen von mitunter ziemlich großer Breite. An manchen Präparaten dagegen konnte ich sie überhaupt nicht finden.

Sehr interessant ist das Bild der Schmelzdentingrenze. Die beiden Hartsubstanzen sind immer deutlich voneinander getrennt zu sehen. An der Berührungslinie zeigt sich ein netzförmiges Maschenwerk, das mitunter gegen den Schmelz zu in einzelne, kolbenartige Enden auffasert. Es dürfte dies mit den Beobachtungen von T o m e s, K o e l l i k e r usw. übereinstimmen, die die Fortsetzung von Dentinkanälchen im Schmelz feststellten.

In einem Fall war die Grenze sehr verwischt, der Schmelz ragte buchtartig ins Dentin herein, und ein Gewirr von Kanälen und Fortsätzen war zu sehen. Diese Beobachtung, die ich sonst an keinem meiner Schliffe machen konnte, fand schließlich folgende Erklärung:

Der Schnitt war hier nicht senkrecht durch die Schmelzdentingrenze gegangen, sondern hatte den für Hippopotamus charakteristischen Schmelzwulst am Zahnhals getroffen. An dieser Stelle hatte natürlich während der Entwicklungsperiode eine äußerst lebhafte Schmelzbildung stattgefunden und dabei war es zu Ueberkreuzungen und Verwerfungen gekommen. Infolgedessen liegt an solchen Stellen die Schmelzdentingrenze nicht in einer Ebene, sondern ist auch mehr oder weniger gewölbt, ausgebuchtet und gefaltet. Sieht man nun eine solche Stelle im Schnitt, so trifft man die Dentinkanälchen an der Grenze teils senkrecht, teils längs, teil schräg und es entsteht obiges Bild eines großen Maschenwerkes im Dentin und Schmelz, das für den ersten Blick eine Besonderheit vortäuscht, sich aber dann als normal erweist.

Des weiteren sieht man im Schmelz zahlreiche Sprünge, die aber sicher keine histologische Bedeutung haben. Sie dürfen nicht zu falschen Schlüssen auf etwaige Lamellen usw. führen. Vielmehr verdanken sie ihre Entstehung rein mechanischen Ursachen, sei es nun die Funktion oder die durch das Alter der verwendeten Zähne bedingte Brüchigkeit.

Das Dentin.

Das Dentin oder Zahnbein ist eine dem Knochengewebe nahestehende Substanz. Man kann es, nach F r e y, als ein modifiziertes Knochengewebe ohne Knochenzellen auffassen. An Härte wird es nur vom Schmelz übertroffen; seine Härte liegt zwischen 5. bis 6.

Härtegrad der Moß'schen Skala. Chemische Untersuchungen ergaben, daß das Dentin 72% anorganische und 28% organische Substanz enthält.

Es bildet den Hauptteil des Zahnes und besteht in fertigem Zustand aus folgenden drei verschiedenen Gewebsformen:

1. den Zahnbeinfasern
2. den die Zahnbeinfasern umgebenden Zahnscheiden
3. der Grund- oder Interzellularsubstanz.

Im Dentin sieht man bei schwacher Vergrößerung eine große Anzahl von Kanälchen, die aus den oben genannten Fasern und Scheiden bestehen. Sie gehen vom Pulpencavum aus und verlaufen ohne Unterbrechung zur Schmelzdentingrenze, wobei sie eine zweimalige Krümmung aufweisen, die man mit einer S-förmigen Linie vergleichen kann. Dabei liegt die erste Konvexität wurzelwärts, die zweite dagegen kronenwärts. Infolgedessen liegt der Anfang eines solchen Kanals an der Pulpawand tiefer als das äußere Ende am Schmelz.

Im trockenen Schliff ist das Dentinkanälchen ein lufthaltiges Röhrchen, während es in frischem Zustand durch die sog. Tomes'sche Faser, dem Dentinfortsatz der Odontoblasten, ausgefüllt wird. Die Funktion dieser Faser ist die Ernährung und die Sensibilität des Dentins.

Die Tomes'sche Faser wird von der Neumann'schen Scheide umgeben. Ueber die feinere Histologie dieser beiden ist man verschiedener Ansicht. Römer, Fleischmann, Walkhoff und Hamazawa haben darüber unterschiedliche Meinungen, die hier anzuführen nicht der Platz ist. Von den Odontoblastenfortsatz gehen seitlich viele Zweige in entsprechend kleine Dentinkanälchen.

Bekanntlich geht der Verkalkungsprozeß des Dentins so vor sich, daß Kalksalze in Form von Kugeln eingelagert werden. Dabei entstehen zwischen diesen primären Kugeln Zwischenräume verschiedener Größe, die später wieder mit Kalksalzen ausgefüllt werden. Wenn jedoch diese nachträgliche Verkalkung ausbleibt, entstehen an solchen Stellen Hohlräume, die man Interglobularräume nennt. Meist wechseln diese schlechtverkalkten Stellen regelmäßig mit gut verkalkten ab, sodaß wir im mikroskopischen Bild deutliche Linien erkennen. Diese Linien heißen im Bereich der Krone Owen'sche Konturlinien und lassen sich mit den Jahresringen eines Baumes vergleichen. Sie sind das Zeichen für periodisch abwechselnde gute und schlechte Verkalkung. Eine ähnliche Erscheinung zeigt sich auch im Wurzeldentin. Hier bezeichnet man sie als Tomes'sche Körnerschicht.

Am Schluß der normalen Histologie des Dentins muß noch ein wichtiges Kapitel erwähnt werden: Die Innervation des Zahnbeins. Lange Zeit herrschte darüber Unklarheit. Man nahm an, daß die

Protoplasmafortsätze der Odontoblasten für die verschiedenen Reizleitungen verantwortlich seien. Doch hat sich diese Ansicht als falsch erwiesen, nachdem es Münch gelungen ist, Nerven im Dentin nachzuweisen. Münch schreibt darüber: „Wenn man eine freiliegende Dentinfläche mit Reizhaaren abtastet, so sind es immer wieder die gleichen Punkte, welche bei Berührung Schmerzen auslösen, die ruckartig durch den ganzen Körper ziehen. Nach meinen eigenen Befunden treten von dem innerhalb der Odontoblastenzone gelegenen Raschkow'schen Nervenplexus feine Nervenfasern in das Zahnbein hinein, verlaufen dort hauptsächlich in Richtung der Tomes'schen Fasern mit feinsten Abzweigungen, indem sie diese Fasern teilweise ringförmig umranken. Man kann solche Nervenfäserchen bis zur Dentingrenze verfolgen".

Damit ist diese Frage einwandfrei gelöst. Nun zu den Untersuchungen des Dentins bei den Praemolaren und Molaren des Hippopotamus:

Das Dentin besteht aus den drei gleichen Bestandteilen wie das des Menschen. Von der Schmelzdentingrenze bis zum Pulpenvacum wird es von Kanälen durchzogen. Diese unterscheiden sich in verschiedenen Punkten von den menschlichen.

Erstens sind sie, was ihre Form betrifft, viel gröber und derber. Dann ist der Zwischenraum von einem Kanälchen zum andern viel größer, sodaß die ganze Struktur lockerer aussieht, im Gegensatz zu den straffen, eng aneinander liegenden Dentinkanälchen des menschlichen Zahnes.

Bei starker Vergrößerung sieht man die Verzweigungen der Dentinkanälchen. Hier konnte ich zwei sehr interessante Formen beobachten.

Bei der einen Form gabelt sich ein starkes Dentinkanälchen in zwei kleinere auf, die nach der Teilung ganz parallel nebeneinander herlaufen bis zur Schmelzgrenze. Diese Form der Teilung, die man mit der Form einer Stimmgabel vergleichen kann, findet sich meist in der Pulpa zugewandten Hälfte des Dentins.

Die andere Form ist die seitliche Verzweigung, bei der von einem Hauptkanal kleine Seitenkanälchen abgehen, meist in einem Winkel von 45—60°, die mit dem Nachbarkanal kommunizieren. An einzelnen Stellen finden sich auch solche Seitenkanäle, die den Nachbarkanal überspringen und erst in den zweiten und dritten Kanal einmünden.

Der Verlauf eines ganzen Dentinkanals des Hippopotamus ist nicht S-förmig, wie beim menschlichen Zahn, sondern im Bereich der Kronenspitze meist gerade mit einer leichten konkaven Krümmung. Im mittleren Abschnitt der Krone dagegen findet sich ein eigenartiger Verlauf, der dem Dentin zugleich eine auffallende Streifung gibt: Das Dentinkanälchen läuft ein kurzes Stück in gerader

Richtung, dann biegt es in einen seitlichen Bogen aus, läuft dann wieder ein Stück gerade aus und macht dann wieder einen Bogen usw. So entsteht das Bild einer Wellenlinie, nur ist zwischen zwei Wellen eine kurze Gerade eingeschoben.

In dieser Wellenlinienform verlaufen alle Dentinkanälchen große Strecken weit und zwar alle parallel miteinander und immer in gleicher Phase. Durch diesen geordneten Verlauf kommt es nun zu einer Streifung: der Abstand zwischen den Kanälen ist, solange sie gerade nebeneinander herlaufen, ziemlich groß; zwischendrin liegt viel helle Grundsubstanz, sodaß diese Zonen hell erscheinen. Machen nun die Kanälchen seitliche Bögen, so rücken sie näher aneinander heran, die helle Grundsubstanz zwischen ihnen verschwindet fast ganz, es sind nur dunkle Kanäle zu sehen. Solche Zonen, die den Wellen im obigen Vergleiche entsprechen, erscheinen dunkel.

So entsteht die auffallende Schwarz-weiß-Streifung, die parallel zur Zahnbeinoberfläche und senkrecht zu den Dentinkanälchen verläuft. Sie hat also mit abwechselnder Verkalkung oder unregelmäßiger Dentinbildung nichts zu tun, sondern erklärt sich nur aus dem Verlauf der Dentinkanälchen. Ich fand sie sehr schön an den Praemolarenschliffen ausgeprägt.

Dagegen konnte ich keine Linien im Zahnbein finden, die nach Spickermann, durch ein ausgeprägtes System von Seitenästen der Dentinkanälchen gebildet werden.

Ferner sieht man auf den Schliffen schlecht verkalkte Stellen des Dentins. Sie liegen im Kronenteil in der Nähe der Schmelzgrenze in einer gleichbreiten Zone. Durch diese Aneinanderreihung solch kleiner Interglobularräume entsteht die Owensche Konturlinie, die ich an zwei Praemolarenschliffen sehr gut sah. Im Wurzelteil des Dentins war die Verkalkung vollständig und gleichmäßig. Interglobularräume, wie sie Tomes als Körnerschicht bezeichnet, waren nicht zu finden.

Da die Molaren des Hippopotamus Aufbiß haben, werden sie im Laufe der Zeit abgeschliffen und der Abnützung entsprechend in den Alveolen nachgeschoben. Die Pulpa antwortet auf die Abkauung der Kronenfläche mit starker Reizdentinbildung. Münch sagt über diesen Vorgang: „Die Odontoblasten, welche nach Fertigstellung des Zahnbeins in ein Ruhestadium eingetreten waren, nehmen ihre embryonale Tätigkeit unter Anlehnung an ihre ursprüngliche Form wieder auf und produzieren erneut Zahnbein. Auf diese Weise wird die Pulpahöhle verkleinert und der Weg für die Bakterien zur Pulpa vergrößert. Bei der Bildung sekundären Dentins treten auch, wie bei der embryonalen Zahnbeinbildung, erneut die sog. von Korff'schen Fasern auf. Diese Ersatz- oder Reizdentinbildung, wie sie auch genannt wird, geht häufig sehr überstürzt vor sich. Einzelne Odontoblasten oder ganze Gruppen derselben fallen

dabei aus oder werden von dem neuangelegten Zahnbein eingeschlossen. Das Dentin wird dadurch immer kanalärmer, bis schließlich nur noch amorphe Kalkablagerungen an Stelle des Zahnbeins treten".

Schliffe durch stark abgekaute Molaren des Hippopotamus zeigen diese Reizdentinbildung sehr deutlich. Das Pulpencavum ist bis auf eine kleine Höhle ausgefüllt mit neugebildetem Dentin. Bei starker Vergrößerung sieht man ausgedehnte Stellen mit mangelhafter Verkalkung. Die Struktur dieses Gewebes ist sehr unregelmäßig, die Dentinkanälchen laufen ziemlich regellos in verschiedenen Richtungen, meist strahlenförmig auseinander. Die Grundsubstanz tritt vielmehr in den Vordergrund, da die Zahl der durchziehenden Kanälchen bedeutend geringer ist als beim normalen Dentin.

Mit der Besprechung des Reizdentins ist die Untersuchung des Zahnbeins beim Hippopotamus beendet.

Das Zement.

Die dritte Hartsubstanz des Zahnes ist das Zement. Es umgibt normalerweise das Zahnbein in einer Schicht, die am stärksten an der Wurzel, am dünnsten am Zahnhals ist. Hier übergreift es oft den Schmelzrand.

Es ist ein dem Knochen ähnliches Gewebe und besteht aus einer Grundsubstanz mit eingelagerten Fibrillen, die zu Bündeln vereinigt sind und einer kalksalzhaltigen Kittsubstanz, die die Fibrillen zu Lamellen und diese wieder untereinander zusammenhält. Es ist weniger hart als das Dentin, da es nur 65—70% anorganische Substanz enthält.

Man kann zwei Arten Zement unterscheiden, ein zellfreies und ein zellhaltiges. Letzteres enthält Zellen, die in der Grundsubstanz liegen, ähnlich wie die Knochenzellen im Knochengewebe. Man nennt sie Zementkörperchen. Sie haben einen großen Kern und viele kleine Fortsätze, die untereinander anastomosieren.

Das Zement wird von den Sharpey'schen Fasern durchzogen, die dicht nebeneinander stehen und senkrecht zur Oberfläche des Zahnes verlaufen. Die Grenze gegen das Dentin ist meist deutlich ausgeprägt. Tomes behauptet, daß eine Verbindung der Fortsätze der Zementkörperchen mit den Verzweigungen der Dentinkanälchen besteht.Dies wird jedoch von Walkhoff bestritten, der jede Verbindung der beiden verneint. Ebenso ist es nach Walkhoff falsch, daß die Zahnbeinkanälchen in der Interglobularschicht verlaufen und dort endigen.

Bei den Praemolaren und Molaren des Hippopotamus überzieht das Zement nicht nur die Wurzel, sondern auch die Krone bis zur Kaufläche.

Das Kronenzement liegt also über dem Schmelz. Da dieser keine glatte Oberfläche hat, sondern Furchen und Wülste aufweist, so legt sich das Zement in diese Furchen hinein und füllt die Buchten aus. So kommt es, daß die Zahnoberfläche trotz der rauhen Struktur des Schmelzes ganz glatt ist, da der Niveauunterschied durch den Zementüberzug ausgeglichen wird.

Dieses Kronenzement des Hippopotamus unterscheidet sich in seiner Struktur sehr stark von dem später geschilderten Wurzelzement. Es zeigt keinen einheitlichen Aufbau, sondern besteht aus Grundsubstanz, in die einige wenige Zementkörperchen eingelagert sind. Nur in der Tiefe der Buchten, die in die Schmelzfurchen hineinragen, finden sich mitunter die Zementkörperchen in größerer, gedrängter Anzahl.

Der Zementüberzug der Krone ist nicht sehr innig mit dem Schmelz verbunden. An der Berührungsstelle von Zement und Schmelz zeigen sich keine verbindenden Gewebe oder anastomosierende Fasern. Es ist vielmehr eine klare Trennungsschicht zu sehen. Der Halt des Zements intra vitam wird allerdings durch die gegenseitige Verkeilung und Unterschneidung von Schmelz- und Zement sehr erhöht sein. Bei der Anfertigung der Präparate dagegen löste es sich sehr leicht vom Schmelz ab.

Das Wurzelzement des Hippopotamus umgibt das Dentin der Wurzeln und übergreift am Zahnhals den Schmelz.

Es wird in senkrechter Richtung zur Dentinoberfläche von vielen Fasern durchzogen, die besonders am Zahnhals sehr dicht verlaufen. Gegen die Wurzel zu verringert sich die Zahl der Fasern und im unteren Drittel der Wurzel sind überhaupt keine mehr zu sehen; das Zement zeigt hier knochenartige Grundsubstanz ohne jede Streifung.

Die Zementkörperchen finden sich bei den Präparaten von Praemolaren und Molaren nur im oberen Drittel der Wurzel. Sie liegen direkt an der Dentingrenze, gegen die auch ihre Ausläufer gerichtet sind. Anastomosen dieser Fortsätze mit Dentinkanälchen, wie sie Tomes beschreibt, sind in diesen Fällen nicht zu finden.

In einem Falle ließ sich an einem Präparat eine sehr interessante Stelle am Zahnhals finden. Sie zeigt den Uebergang von Schmelz zu Zement einerseits, andererseits pulpawärts den Uebergang von diesen beiden Hartsubstanzen zum angrenzenden Dentin und außerdem noch den charakteristischen Unterschied im Bau des Kronenzements von dem des Wurzelzements (siehe Abbildung).

Zum Schlusse meiner Arbeit möchte ich es nicht versäumen, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. J. Münch für die wertvolle Anregung und Unterstützung, die er mir bei der Anfertigung der Arbeit zukommen ließ, meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Vorliegende Arbeit wurde im wissenschaftlichen Institut der zahnärztlichen Universitätsklinik Würzburg unter Leitung von Herrn Prof. Dr. J. Münch angefertigt.

Ich versichere hiermit ehrenwörtlich, daß ich außer der angegebenen Literatur keine weitere Hilfe in Anspruch genommen habe.

Albert Taut.